

nicht die Ölpreise eine entsprechend weitgehende Herabminderung erfahren.

Mit Leuchtgas verglichen, dürften sich die Betriebskosten ziemlich gleich stellen. Nachdem der Preis des Benzins und Lampenpetroleums innerhalb ein und desselben Staates von dem Verwendungsorte weniger abhängig ist, wie jener des Leuchtgases, so dürfte auch in Städten mit billigerem Leuchtgas der Gasbetrieb, in Städten mit hohem Gaspreise der Benzin- beziehungsweise Petroleumbetrieb vorteilhafter sein. Als vor einigen Jahren in Österreich die Zollfreiheit des Benzins für Motorenbetrieb gewährt wurde, war die Nachfrage nach Benzinmotoren so bedeutend, daß wesentlich mehr Benzinmotoren als Leuchtgasmotoren gebaut wurden; seitdem ging jedoch der Benzinpreis wieder hinauf, die Nachfrage daher zurück. Nur durch zollfreie Behandlung der flüssigen Brennstoffe, sowie entsprechende Verminderung der Transportgebühren könnten dieselben allerorts zu einem Preise erhältlich werden, welcher namentlich der Kleinindustrie und Landwirtschaft eine Kraftquelle von größter Bedeutung erschließen würde. Da diese Begünstigungen jedoch in abschbarer Zeit kaum gewährt werden dürften, werden auch die Ölmaschinen, namentlich die Petroleummotoren, im allgemeinen, die Petroleumländer ausgenommen, im Vergleiche mit den Gasmaschinen nur eine untergeordnete Rolle spielen*).

230. Die flüssigen Brennstoffe. Von flüssigen Brennstoffen kommen nur die Destillationsprodukte des Erdöles, sowie Spiritus in Betracht.

Das Erdöl findet sich in geringen Mengen auf der ganzen Erde; Hauptfundorte sind jedoch nur die Staaten Pennsylvanien und Canada in Nordamerika, Gouvernement Baku in Rußland, sowie Galizien; speziell die Naphtaquellen von Baku scheinen unerschöpflich zu sein.

Auch in Deutschland und zwar in der Provinz Hannover fand man in den Jahren 1879 und 1880 durch Bohrungen sehr ergiebig scheinende Quellen; es wurde eine große Anzahl derselben erschlossen, der Erfolg entsprach jedoch nicht den Erwartungen; die Quellen versiegten zum Teil in kurzer Zeit und ist die Produktion daher sehr zurückgegangen.

Von sonstigem deutschen Ölvorkommen sei noch erwähnt das Elsaßer bei Hagenau, Lobsam, Bechelbronn und Schwabweiler; die Ausbeute ist jedoch gleichfalls nicht von Belang.

Das Erdöl wird durch Abfangen beziehungsweise Absaugen aus den

*) Bis ins Detail ausgearbeitete Kostentabellen für Leistungen von 10 bis 400 PS siehe: *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, 1899, S. 197, sowie: *Die Kosten der Kraftherzeugung* von Chr. Eberle, 1898, Verlag W. Knapp.

Quellen durch Bohrlöcher von entsprechender Tiefe gewonnen. Alle Petroleumarten sind unlöslich in Wasser, haben einen spezifischen penetranten Geruch und sind fettig anzufühlen; sie bilden dünnflüssige bis butterartige, wasserklare bis nahezu schwarze Flüssigkeiten, häufig mit blauem Schiller und bestehen aus verschiedenen Kohlenwasserstoffverbindungen von flüssiger, gasförmiger oder fester Natur. Die chemische Zusammensetzung schwankt je nach dem Herkommen; zumeist enthält das Petroleum 85 bis 86% Kohlenstoff, 14 bis 13% Wasserstoff und als begleitende Stoffe, welche dasselbe verunreinigen, Schwefelverbindungen.

Das spezifische Gewicht des Erdöles liegt zwischen 0,8 und 0,96.

Durch Destillation des Rohpetroleums bei entsprechenden Temperaturen werden die flüchtigen Bestandteile verdampft und in Vorlagen wieder aufgefangen, während die schwersiedenden Bestandteile als Rückstände, welche in verschiedener Weise verwertet werden können, zurückbleiben.

Man unterscheidet namentlich drei Arten von Destillationsprodukten und zwar:

a) Leichtflüchtige, welche bereits bei Temperaturen von 170° C verdampfen; hierher gehört eine Reihe von Verbindungen, deren spezifisches Gewicht zwischen 0,62 und 0,68 liegt und welche schon bei der niedrigen Temperatur von 40° bis 80° C verdampfen. Diese Destillationsprodukte eignen sich für den Kraftbetrieb nicht. Ferner gehört hierher das bei Temperaturen von 80° bis 100° C überdestillierende **Benzin** vom mittleren spezifischen Gewichte 0,70. Die bei 100° und 170° C übergelenden Destillationsprodukte, die sogenannten Ligroine, deren spezifisches Gewicht zwischen 0,7 und 0,75 liegt, finden zunächst Verwendung für Beleuchtungs- und Reinigungszwecke.

b) Solche, welche bei Temperaturen zwischen 170° und 300° C verdampfen; das spezifische Gewicht derselben liegt zwischen 0,75 und 0,85; diese Destillationsprodukte werden nicht getrennt aufgefangen, sondern als Mischprodukte gewonnen und bilden das **eigentliche Petroleum**.

c) Jene Verbindungen, welche erst bei einer Temperatur über 300° destillieren; ihr spezifisches Gewicht liegt zwischen 0,85 und 0,96. Diese Destillate sind Auflösungen fester in flüssig bleibenden Kohlenwasserstoffen. Die festen Elemente überwiegen um so mehr, je höher die Destillationstemperatur ist.

Für den Motorenbetrieb eignen sich in erster Linie alle Benzinararten, wie sie im Handel vorkommen, mit dem spezifischen Gewichte von 0,68 bis 0,70. Der mittlere Heizwert beträgt durchschnittlich 10400 W.E./kg (die spezifischen Gewichte beziehen sich auf 15° C und 760 mm); ferner alle Sorten Lampenpetroleum des Handels, ins-

besondere russische, amerikanische und galizische, gleichgiltig welchen Raffinationsgrades. Das spezifische Gewicht derselben liegt zwischen 0,78 und 0,82. Der mittlere Heizwert beträgt 10 000 bis 10 200 W.E./kg.

Die Verbrennungsmaschine von Diesel, bei welcher der Brennstoff nicht vorher mit Luft zum Ladungsgemisch vermenget, sondern in zerstäubtem Zustande direkt in die hochkomprimierte und hochehrhitzte Luft eingblasen wird, verarbeitet außerdem noch alle aus Naphta hergestellten Solaröle vom spezifischen Gewichte 0,83 bis 0,85; Solaröle als deutsche Braunkohlendestillate vom spezifischen Gewichte 0,85; alle Rohöle, wie sie aus den Quellen kommen, vom spezifischen Gewichte 0,846 bis 0,88; ferner russische Naphtarückstände, Masut genannt; dieselben sind sehr dickflüssig, ihr spezifisches Gewicht beträgt 0,905. Alle diese Ölsorten haben einen durchschnittlichen Heizwert von 10 150 bis 10 200 W.E./kg.

Im allgemeinen erfordern die dickflüssigen Öle einen etwas höheren Einblasedruck und weitere Anschlußleitungen der Ölpumpe.

Nachdem Rohnaphta häufig mechanisch beigemengte Verunreinigungen, als Erde, Sand etc. enthält, so ist es unbedingt erforderlich, dasselbe vor dem Gebrauche zu filtrieren; gleiches gilt bezüglich der Verwendung von Masut.

Die schweren, dickflüssigen Ölsorten werden, falls sie allein nicht befriedigend arbeiten, durch Mischen mit Rohölen, Benzin, Petroleum etc. verwendbar. Ein sehr geringer Gehalt an flüchtigen Bestandteilen trägt viel zur feinen Zerstäubung bei.

Alle diese Stoffe verbrennen bei getrennter Verdichtung von Brennstoff und Luft und Einführung des fein verteilten Öles in die hochehrhitzte Luft ohne Rückstand in der Maschine. Der Auspuff ist nahezu unsichtbar und ohne den herben Geruch unverbrannter Brennstoffteile.

Nachdem die Destillationsprodukte der ersten Gruppe schon bei der gewöhnlichen mittleren Lufttemperatur verdunsten und im gasförmigen Zustande mit Luft gemischt ungemein explosibel sind, so müssen diese Öle als sehr feuergefährlich bezeichnet und bei deren Benützung für den Kraftbetrieb die größte Vorsicht angewendet werden.

Weit weniger feuergefährlich ist das Petroleum, indem dasselbe erst bei einer Temperatur von ca. 30° C derart zu verdunsten beginnt, daß daraus Gefahr für die Umgebung erwachsen kann. Bei dieser mittleren Temperatur bilden sich Dünste, die mit Flammen in Berührung gebracht, verpuffen; man nennt daher diese Temperatur die Entflammungstemperatur. Die Entzündungstemperatur liegt wesentlich höher.

Seit einer Reihe von Jahren hat man versucht, Gasmotoren mit Spiritus zu betreiben und hat sich hierbei gezeigt, daß Spiritus für diesen

Zweck vollkommen geeignet ist. Die Frage des Ersatzes der flüssigen Kohlenwasserstoffe durch Spiritus ist für die Landwirtschaft von der größten Bedeutung und auch vom volkswirtschaftlichen Standpunkte aus von außerordentlicher Wichtigkeit, indem ein Teil jenes enormen Kapitals, welches z. B. in Deutschland und Österreich für Petroleum jährlich ins Ausland wandert, dem Lande erhalten bleiben könnte.

Der reine Äthylalkohol, Weingeist oder Feinsprit, hat ein spezifisches Gewicht von 0,794 bei 15° C; sein Heizwert beträgt 7190 W.E./kg. Gewöhnlich wird jedoch nicht reiner Alkohol, sondern verdünnter, durchschnittlich 80- bis 90%iger verwendet, dessen Heizwert dem Volumprozentverhältnis entsprechend 5750 bis 6470 W.E., durchschnittlich somit 6100 W.E./kg beträgt.

Bei theoretischen Untersuchungen ist jedoch zu berücksichtigen, daß 20 beziehungsweise 10 Volumprocente Wasser bei der Verbrennung des Spiritus in Wasserdampf verwandelt werden müssen, welche Wärmemenge von der zur Arbeitsleistung dienenden Wärme in Abzug zu bringen ist. Gelangt der Spiritus jedoch bereits in dampfförmigem Zustande in den Cylinder, dann kommt obige Wärmemenge nicht mehr in Betracht. Nachdem die Verdampfung des Wassergehaltes schon während der Kompression der Ladung stattfindet, somit eine Verminderung der Kompressionstemperatur zur Folge hat, so kann man bei Verwendung von Spiritus als Brennstoff auch mit der Verdichtung höher hinaufgehen als bei anderen Brennstoffen und damit geht wieder eine bessere Ausnützung der Brennstoffwärme Hand in Hand.

Nach den bis heute vorliegenden Untersuchungen hat ein Liter Alkohol vom spezifischen Gewichte 0,79 einen Heizwert von durchschnittlich 5750 W.E., also ungefähr so viel als 1 cbm besten Leuchtgases. Dieser Heizwert wird jedoch in der Praxis nie erreicht, da man es nicht mit absolutem Äthylalkohol, sondern mit verdünntem denaturierten Spiritus zu tun hat, dessen Heizwert somit durchschnittlich mit 4900 W.E. pro Liter angenommen werden kann.

Betreibt man einen gewöhnlichen Viertaktmotor selbst unter Anpassung an die Natur des Brennstoffes mit Spiritus, so nimmt trotzdem erfahrungsgemäß der thermische Wirkungsgrad ab, nachdem man, wie Versuche bestätigen, mit derselben Anzahl Wärmeeinheiten, aus Spiritus gewonnen, nicht den gleichen Effekt erreicht, als wenn dieselbe durch die Verbrennung von Benzin, Petroleum oder Leuchtgas erzeugt wurde. Da nun außerdem der Spiritus im allgemeinen ganz erheblich teurer ist als Petroleum und Benzin, auf gleiche Gewichts- oder Volummenge bezogen, so ergibt sich daraus, daß der Spiritusbetrieb im allgemeinen bedeutend kostspieliger, also unökonomischer ist, als der Betrieb mit den übrigen

Brennstoffen, daher auch der Spiritusmotor bis heute keine Bedeutung erlangen konnte.

In Deutschland wurden für den Spiritusbetrieb bessere Verhältnisse erst seit 1. April 1899 durch die Gründung des Verwertungsverbandes deutscher Spiritusfabrikanten erreicht. Dieser Verband umfaßt den größten Teil, ca. 4000 aller deutschen Brennereien und bezweckt eine Normierung des Spirituspreises im ganzen deutschen Reiche. Der Preis beträgt 20 bis 21 Mark für 100 Liter 90%igen Spiritus, franko jeder Bahnstation Deutschlands bei Abnahme von 5000 kg und Lieferung der Gebinde. Infolge dieser Preisreduktion dürften sich die Kosten der Krafterzeugung pro Stundenpferdestärke durch Spiritus und Petroleum beziehungsweise Dampf ziemlich gleich stellen. Es dürften sich daher Spiritusmotoren an solchen Orten, wo andere Brennstoffe, als Kohle, Petroleum, Benzin, teurer zu stehen kommen als Spiritus, namentlich für kleinere Leistungen, bald Eingang verschaffen. Wie die letzte landwirtschaftliche Ausstellung in Halle a./S. 1901 gezeigt hat, erscheint die Verwendung des Spiritus namentlich für Lokomobilen angezeigt, da dieselben für landwirtschaftliche Betriebe von besonderer Bedeutung sind. Von 49 ausgestellten Maschinen mit 442 PS Gesamtleistung waren 29 Lokomobilen von 300 PS Leistung. Für Motorfahrzeuge dürfte sich Spiritus schon aus dem Grunde besser als Benzin eignen, um den widerwärtigen Geruch für immer zu beseitigen, den die mit Benzin betriebenen Fahrzeuge verursachen.

Der für Krafterzeugung dienende Spiritus wird zumeist durch Benzol denaturiert; desgleichen wurden Versuche mit Mischungen von denaturiertem Spiritus mit Benzol und Wasser durchgeführt; hierbei zeigte sich, daß mit zunehmendem Benzolzusatz entsprechend dem wachsenden Heizwerte auch der Brennstoffverbrauch pro Leistungseinheit abnimmt. Als vorteilhafteste Mischung erwies sich eine Mischung aus 70 l Spiritus, 30 l Benzol und 7 l Wasser.

Eine 12 PS-Spirituslokomobile, mit 90%igem, durch Benzol denaturiertem Spiritus gespeist (Heizwert 6300 W.E./kg), verbrauchte bei 200 Minutenumdrehungen:

bei einer Leistung von	6 PS _e		0,90 l pro PS _e -Stunde
„ „ „ „	12 „	0,56 bis 0,63	„ „ „
„ „ „ „	18 „	0,51 „ 0,55	„ „ „
und „ „ „ „	24 „	0,42 „ 0,50	„ „ „

Die Abweichungen der Konsumziffern wurden durch mangelhaftes Arbeiten des Regulators verursacht.

Dieselbe Lokomobile mit einer Mischung aus 70 l Spiritus, 30 l Benzol und 7 l Wasser gespeist ergab bei den mit derselben durchgeführten Versuchen

	bei einer Leistung von	6 PS _e	0,75 l pro PS _e -Stunde
	„ „ „ „	12 „	0,52 „ „ „
	„ „ „ „	18 „	0,46 „ „ „
und	„ „ „ „	24 „	0,43 „ „ „ *).

Die Deutzer Gasmotorenfabrik gibt für ihre Spiritusmotoren einen Verbrauch an gewöhnlichem 90 % igen Spiritus von 0,5 bis 0,4 kg pro PS_e-Stunde und 0,45 bis 0,35 kg bei Benzolspiritus mit 20 % Benzolgehalt an.

Ein 14pferdiger Spiritusmotor der Deutzer Gasmotorenfabrik ergab bei den Versuchen bei voller, normaler und halber Belastung einen Verbrauch pro PS_e-Stunde von 0,445, 0,463 beziehungsweise 0,528 kg Handelsspirit (86,7 Gewichtprozenten Alkohol und 13,3 Gewichtprozenten Wasser), ferner einen Verbrauch von 0,422, 0,433 beziehungsweise 0,521 kg einer Mischung aus 9,12 Gewichtprozenten Benzol und 90,88 Gewichtprozenten Spiritus; endlich einen Verbrauch von 0,375, 0,385 beziehungsweise 0,480 kg einer Mischung aus 20,95 Gewichtprozenten Benzol und 79,05 Gewichtprozenten Spiritus.

Diesen Verbrauchsziffern entspricht somit eine durchschnittliche Wärmemenge pro PS_e-Stunde von 3100 bis 3200 W.E. beziehungsweise ein thermischer Wirkungsgrad von 0,26.

231. Die Gemischbildung. Die flüssigen Brennstoffe werden, je nach der Natur derselben, vor ihrer Mischung mit der zur Verbrennung erforderlichen Luft entweder in fein verteiltem Zustande mit einem kleinen Teile der Luft gemischt (zerstäubt), oder als feiner zur Verbrennung geeigneter Nebel oder verdampft beziehungsweise vergast, also in gasförmigem Zustande in den Cylinder eingeführt.

Die Einrichtungen zur Erzeugung des explosiblen Gemisches aus Benzin und Luft sind im allgemeinen zweierlei Art; entweder wird die für jede Ladung erforderliche Benzinmenge getrennt von dem Bezinivorrat durch die Luft zerstäubt, wobei es sich, namentlich wenn die zur Zerstäubung gelangende Luft vorher erwärmt wurde, so fein verteilt, daß die Mischung sofort zur Ladung der Maschine benützt werden kann, oder die Maschine saugt Betriebsluft direkt durch ein Benzinreservoir, wobei sich dieselbe mit Benzindämpfen sättigt und vor Eintritt in den Cylinder noch weiter in entsprechendem Verhältnisse mit Luft gemischt beziehungsweise verdünnt wird.

Jede dieser beiden Methoden hat ihre Vor- und Nachteile. Bei der ersten Methode ist es immerhin schwierig, den Bezinzufluß genau der wechselnden Leistung der Maschine anzupassen, doch arbeiten die gebräuchlichen Zerstäuber sehr verlässlich, benötigen ungemein wenig Raum und nahezu keine Bedienung; ihr Hauptvorteil besteht jedoch darin, daß man

* A. v. Ihering, „Die Gasmotoren“, Leipzig 1901.